

Таблица

Результаты расчета

| Интервал, сут. | Абс отметка, м | | Водоотбор, м ³ /сут. |
|-------------------|----------------|----------|------------------------------------|
| | Карьер 1 | Карьер 2 | |
| 0 | 365 | 367 | 0 |
| 365 | 355 | 359 | 2217 |
| 730 | 345 | 351 | 3593 |
| 1095 | 335 | 343 | 4364 |
| 1460 | 327 | 335 | 4886 |
| 1825 | 316 | 331 | 5280 |
| 2190 | 316 | 330 | 5084 |

В ходе работы были выполнены расчеты гидродинамическим методом. Полученные результаты незначительно отличаются от полученных расчетов с помощью численного моделирования в среде Visual modFlow. Это говорит о правильности задания начальных условий и схематизации. В дальнейшем предполагается разведка нескольких участков на данном месторождении, где можно будет также применить данную схему расчётов, для получения более точного прогноза и предоставлении его проектной организации для принятия своевременного решения по проектным решениям разработки участка.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ВОДОЗАБОРА

АКАДЕМГОРОДКА (Г. ТОМСК)

М.С. Зарубов А.Е. Поскотинов

Научный руководитель доцент К.И. Кузеванов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Академическое месторождение подземных вод, эксплуатируемое с 1974 года Заварзинским водозабором, обеспечивает население Академгородка г. Томска питьевой водой. Месторождение является типичным представителем месторождений, расположенных в низкогорных условиях Алтае-Саянской складчатой области, которая относится к геохимической провинции железо- и марганецсодержащих подземных вод. В геолого-структурном отношении месторождение расположено в пределах Колывань-Томской складчатой зоны. В гидрогеологическом отношении, Академическое месторождение приурочено к доюрскому обрамлению Саяно-Алтайской гидрогеологической складчатой области. Основной продуктивной толщей являются трещиноватые породы палеозойского фундамента, так как отложения чехла относительно маломощны и играют подчиненную роль в геологическом разрезе [1, 2].

В настоящее время на месторождении сформировались нарушенные гидродинамические и гидрогеохимические условия пласта, которые вызваны длительной эксплуатацией водозабора и увеличением водоотбора в последние годы. Изменение гидродинамических условий проявляется в виде формирования депрессионной воронки, что наиболее сильно проявляется в районе скважин 2, 3, 6. Падение уровня подземных вод в границах депрессионной воронки влечет за собой рост мощности зоны аэрации, вследствие чего увеличивается поступление атмосферного кислорода в пласт. Это способствует нарушению гидрогеохимических условий в системе вода-порода-газ. Поступление атмосферного кислорода активизирует темпы экзогенного минералообразования, которое способно приводить к усилению коагуляции экзогенных трещин продуктами окисления, а также интенсифицирует рост минералообразования на технологическом оборудовании скважины. В совокупности эти процессы приводят к уменьшению водообильности пласта, дебита скважин и, в конечном итоге, увеличению себестоимости эксплуатации водозабора.

Водозабор Академгородка эксплуатирует водоносный комплекс палеозойских отложений, широко развитый на площади Томь-Яйского междуречья и используемый для организации децентрализованного водоснабжения отдельных потребителей. Прогноз работы водозаборных скважин на Академическом месторождении подземных вод выполнен с использованием численного моделирования, поскольку для участка исследований характерна тесная связь поверхностных и подземных вод плохо поддающаяся схематизации при сложной в плане конфигурации речной сети. Известные типовые расчётные схемы водозаборов, учитывающие влияние внешних граничных условий строятся с использованием метода зеркальных отображений, который позволяет применять удовлетворительно работающие расчётные схемы только для прямолинейных в плане границ. В прогнозных расчётах сложные очертания контуров граничных условий требуют либо их спрямления, что существенно искажает природные условия, либо использования других методов учета влияния граничных условий. К таким методам прогноза относится численное моделирование, предназначенное для максимально полного учета пространственной неоднородности строения области фильтрации, включая сложный характер и форму граничных условий.

Схематизация гидрогеологических условий выполнялась в два этапа. На первом этапе составлялась природная гидрогеологическая схема, которая, на заключительном этапе, преобразована в численную модель, ориентированную на использование программного комплекса *Groundwater Modeling System (GMS)*.

Анализ гидрогеологических условий участка исследований показывает, что подземные воды палеозойских отложений, перспективные для организации централизованного водоснабжения Академгородка,

приурочены к зоне экзогенной трещиноватости, осложненной тектоническими нарушениями. Наиболее обводненной является верхняя часть геологического разреза мощностью 70-90 м. С глубиной трещиноватость резко затухает, а обводненность пород значительно уменьшается. В кровле пород палеозоя залегает глинистая кора выветривания с низкими фильтрационными свойствами. Уровни подземных вод устанавливаются выше зоны трещиноватости, что позволяет рассматривать её как напорный водоносный пласт. Подземные воды в пределах восточных окраин города образуют водонапорную систему, характеризующуюся разнонаправленным движением подземных потоков, контролируемых речной сетью [3, 4]. Поэтому для задания граничных условий нами использованы русла рек в качестве естественных дрена, а со стороны водоразделов модель ограничена контурами постоянных напоров за пределами предполагаемого влияния водозабора. Поверхностные водотоки, как показывают результаты опытно-фильтрационных работ, должны быть границами третьего рода. Величина гидравлического сопротивления подрусловых отложений р. Ушайки определена при полевых исследованиях на смежном Родионовском участке и составило величину 70 м. Внутренние границы модели представлены водозаборными скважинами.

Фильтрационные параметры характеризуются весьма существенной неоднородностью. Определяющими факторами, формирующими водопроницаемость пород, является экзогенная трещиноватость, на которую наложили влияние процессы тектонической нарушенности и внедрение пород дайкового комплекса. Эти особенности предполагают уточнение пространственного распределения фильтрационных параметров по результатам эпигнозного моделирования.

Численная модель области фильтрации предусматривает решение вместо дифференциального уравнения в частных производных второго порядка, аналогичной ему системы конечно-разностных уравнений, основанной на пространственно-временной дискретизации области фильтрации на пространстве конечно-разностной сетки.

Создание модели технологически предполагает использование идеологии концептуального подхода, согласно которому все элементы модели вначале описываются количественно параметрами графических примитивов, размещаемых на отдельных электронных слоях, называемых покрытиями. На завершающем этапе вся гидрогеологическая информация, накопленная в покрытиях, передаётся на пространство конечно-разностной сетки. Такой приём позволяет структурировать исходные данные и проводить их предварительную обработку.

Основой для модели послужила геологическая карта масштаба 1:25 000. Карта использовалась для создания цифровой модели рельефа. На основе горизонталей рельефа была создана сеть реперных точек, с присвоенными значениями высотных отметок. Карта отметок дневной поверхности позволяет проследить основные закономерности изменения рельефа и оценить в первом приближении структуру фильтрационных потоков. Цифровая модель рельефа была создана с помощью программного комплекса *Surfer*. И сохранена в виде самостоятельного покрытия.

Другие покрытия модели, имеющие собственные мнемонические названия, содержат границы области фильтрации («Границы»), внутренние граничные условия представленные реками («Ушайка») и скважинами («Скважины»), инфильтрационным питанием («Питание»).

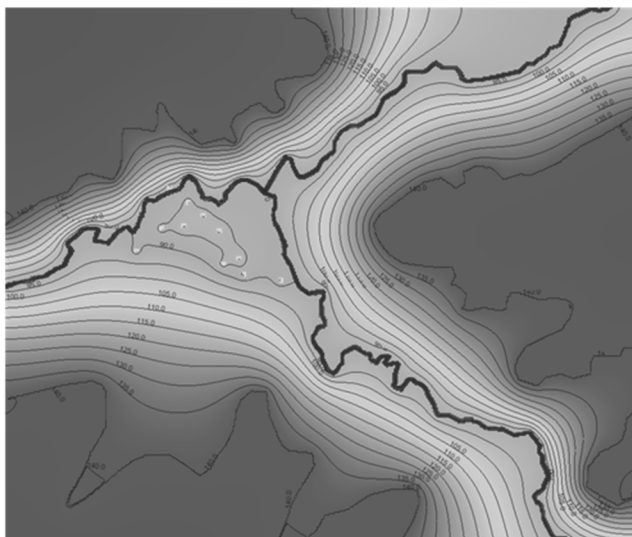


Рис. 1 Решение стационарной задачи ($1000 \text{ м}^3/\text{сут}$ на скважину)

Фильтрационная неоднородность количественно охарактеризована значениями коэффициента фильтрации («Кф»). Управление неравномерностью пространственной разбивки конечно-разностной контролирует сеть опорных точек («Опорные точки»).

На рис. 1 представлено решение стационарной задачи под влиянием работы водозаборных скважин в функции напора. В области фильтрации эксплуатационные скважины создают депрессионную воронку в

условиях активного взаимодействия с границами третьего рода, что существенно сокращает её размеры. Полученное напорное поле позволяет детально оценить все балансовые характеристики водозаборного участка.

Кроме того, модель, включающая в себя данные о пространственном расположении системы разрывных нарушений и экзогенных трещин позволяет нам выбирать наиболее благоприятные участки для заложения новых эксплуатационных скважин, а также прогнозировать их влияние на гидродинамическую обстановку в пласте.

Литература

1. Дутова Е.М., Вологодина И.В., Покровский Д.С., Заморовская Л.В. Изменение гидрогеохимических условий при эксплуатации Академического месторождения // Известия Томского политехнического университета. 2008. – Т. 312. – №1. – С. 59–63.
2. Дутова Е.М., Покровский Д.С. Геохимия подземных вод Академического месторождения // Известия Томского политехнического университета. 2002. – Т. 307. – №7. – С. 35–39.
3. Кузеванов К.И. Гидрогеологическая основа экологических исследований города Томска. // Обской вестник. – 1999. – № 1–2. – С. 53–58.
4. Покровский Д.С., Кузеванов К.И. Формирование структуры фильтрационных потоков урбанизированных территорий (на примере г. Томска) // Три века горно-геологической службы России: Матер. регион. конф. геологов Сибири, Дальнего Востока и Северо-Востока России. – Томск, 2000. – Т. 1. – С. 323–326.

ЗАВИСИМОСТЬ НАБУХАНИЯ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ ОТ ПЕРВОНАЧАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ И ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

И.А. Зверева, Д.С. Лбова

Научный руководитель профессор В.И. Каченов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

Особенностью глинистых грунтов является значительное изменение объема при изменении влажностных условий, что необходимо учитывать при строительстве сооружений различного назначения. Способность грунтов увеличивать свой объем в процессе смачивания называется набухаемостью. Исследованиями о набухании глинистых грунтов занимались многие ученые. Среди них В.А. Королев, Н.Я. Хархуте, Ю.М. Васильев и другие. Вопросы зависимости набухания глинистых грунтов от различных факторов недостаточно изучены, результаты иногда противоречивы.

Целью исследования является изучение влияния гранулометрического состава и первоначальной плотности на набухание глинистых грунтов. Для достижения цели были проведены лабораторные работы по определению гранулометрического состава ареометрическим методом, по набуханию глинистых грунтов на приборе для компрессионных испытаний с различными первоначальными плотностями и проанализирована зависимость набухания глин от минерального состава.

По Сергееву Е.М. процесс набухания носит осмотический характер. Причиной, вызывающей набухание, является разница в концентрации солей в поровом растворе и в воде, окружающей породу. Если концентрация внешнего раствора меньше концентрации раствора, находящегося в порах породы, происходит ее набухание.

Минеральный состав является одним из важнейших внутренних факторов набухания. Влияние состава глинистых грунтов на процесс набухания связано главным образом с величиной их удельной поверхности. Чем выше удельная поверхность глинистых минералов и глин, больше их емкость обмена и «степень диссоциации» обменных ионов, тем выше набухаемость таких грунтов. Следовательно, по способности глинистых минералов к набуханию их можно расположить в ряд: монтмориллонитовые > гидрослюда > каолинитовые [1].

В данной работе анализируются данные о набухаемости глинистых грунтов (Лобановского монтмориллонита, Челябинского каолинита). В результате рентгеноструктурного анализа были получены данные о минеральном составе изучаемых образцов. В обеих глинах содержание кварца составляет примерно 20% от общего объема породы. Лобановская глина на 46% состоит из монтмориллонита, плагиоклазов 19%, кальцита 10%, полевых шпатов 5%. Челябинская глина на 74% состоит из каолинита, 7% гидрослюда.

Гигроскопическая влажность каолинита равна 3,49%, монтмориллонита больше – 4,6%, благодаря огромной удельной поверхности (600–800 м²/г). У каолинита влажность на границе текучести – 68,5%, а на границе раскатывания 27,2%, число пластичности – 41,3. Влажность монтмориллонита на двух пределах равна соответственно 41,7% и 22,2%, число пластичности – 19,5. По числу пластичности в соответствии с классификацией ГОСТ 25100-2011 грунты относятся к глинам тяжелой и легкой пылевой. Содержание глинистой фракции (<0,005 мм) определено ареометрическим методом, а именно в Челябинской глине – 57%, в Лобановской – 29%, песчаной фракции 43% и 71% соответственно.

Для изучения процесса набухания были взяты три образца монтмориллонитовой глины с влажностью 23,5%. Предварительно их уплотнив под нагрузками 0,1 МПа, 0,2 МПа и 0,3 МПа, были получены разные плотности: 1,74 г/см³, 1,85 г/см³, 2,02 г/см³ соответственно и три образца каолинитовой глины (начальная влажность 27,5%) с начальными плотностями: 1,62 г/см³, 1,80 г/см³, 2,12 г/см³.

Для анализа данных (табл.) была рассчитана величина набухания: наименьшей плотности соответствует значение 2,65%, для средней 3,41%, для наибольшей 4,52%. Исследование показало, что монтмориллонитовая глина с первоначальной плотностью 2,02 г/см³ является слабонабухающей согласно классификации по